



ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **112806** (13) **C2**
(51) МПК
C07C 273/04 (2006.01)

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

(21) Номер заявки:	а 2015 00964	(72) Винахідник(и):	Сергєєв Юрій Андрєєвіч (RU), Андержанов Ринат Венєровіч (RU), Вороб'їєв Александр Андрєєвіч (RU), Солдатов Алексєй Владіміровіч (RU), Лобанов Ніколай Валєрьовіч (RU), Прокоп'єєв Александр Алексєєвіч (RU), Кузнєцов Ніколай Міхайлович (RU), Костін Олег Ніколаєвіч (RU), Єсін Ігорь Веніамінович (RU)
(22) Дата подання заявки:	05.08.2013	(73) Власник(и):	ОТКРИТОЄ АКЦІОНЄРНОЄ ОБЩЕСТВО "НАУЧНО-ІССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ І ПРОЄКТНИЙ ІНСТІТУТ КАРБАМІДА І ПРОДУКТОВ ОРГАНІЧЕСКОГО СІНТЕЗА" (ОАО НІІК), ул. Грибоедова, 31, г. Дзержинск, Нижегородская обл., 606008, Российская Федерация (RU)
(24) Дата, з якої є чинними права на винахід:	25.10.2016	(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою:	SU 839225 A, 15.03.1984 US 3366682 A, 30.01.1968
(31) Номер попередньої заявки відповідно до Паризької конвенції:	2012134931		
(32) Дата подання попередньої заявки відповідно до Паризької конвенції:	15.08.2012		
(33) Код держави-учасниці Паризької конвенції, до якої подано попередню заявку:	RU		
(41) Публікація відомостей про заявку:	10.06.2015, Бюл.№ 11		
(46) Публікація відомостей про видачу патенту:	25.10.2016, Бюл.№ 20		
(86) Номер та дата подання міжнародної заявки, поданої відповідно до Договору РСТ	PCT/RU2013/000671, 05.08.2013		

(54) СПОСІБ І УСТАНОВКА ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА КАРБАМІДУ І СПОСІБ МОДЕРНІЗАЦІЇ УСТАНОВКИ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА КАРБАМІДУ

(57) Реферат:

Винахід належить до способу і установки для виробництва карбаміду з аміаку і діоксиду вуглецю і може бути використаний у хімічній промисловості і у виробництві добрив. Заявлено спосіб виробництва карбаміду шляхом синтезу із діоксиду вуглецю і аміаку при підвищених температурах і тисках з двоступінчатою дистиляцією продуктів синтезу, при 1,5-2,5 і 0,2-0,5 МПа, і рециркуляцією аміаку і діоксиду вуглецю, що не прореагували, у вигляді водного розчину вуглеамонійних солей додатково вводять стадію адіабатичної сепарації продуктів синтезу при тиску 8-12 МПа з подальшою дистиляцією при цьому же тиску у струмі діоксиду вуглецю, використаного у кількості 40-60 % від його загальної кількості, яка вводиться в процес, а у відповідну установку вводять необхідне для виконання цієї стадії обладнання. Газу, що були виділені на стадії дистиляції, разом з частиною газів адіабатичної сепарації піддають при тому же тиску 8-12 МПа абсорбції-конденсації і у вигляді розчину вуглеамонійних солей повертають на синтез. Технічний результат, що досягається при використанні запропонованого способу і установки, а також при модернізації установки для здійснення запропонованого способу, полягає в підвищенні ступеня перетворення початкових реагентів у зоні синтезу.

UA 112806 C2

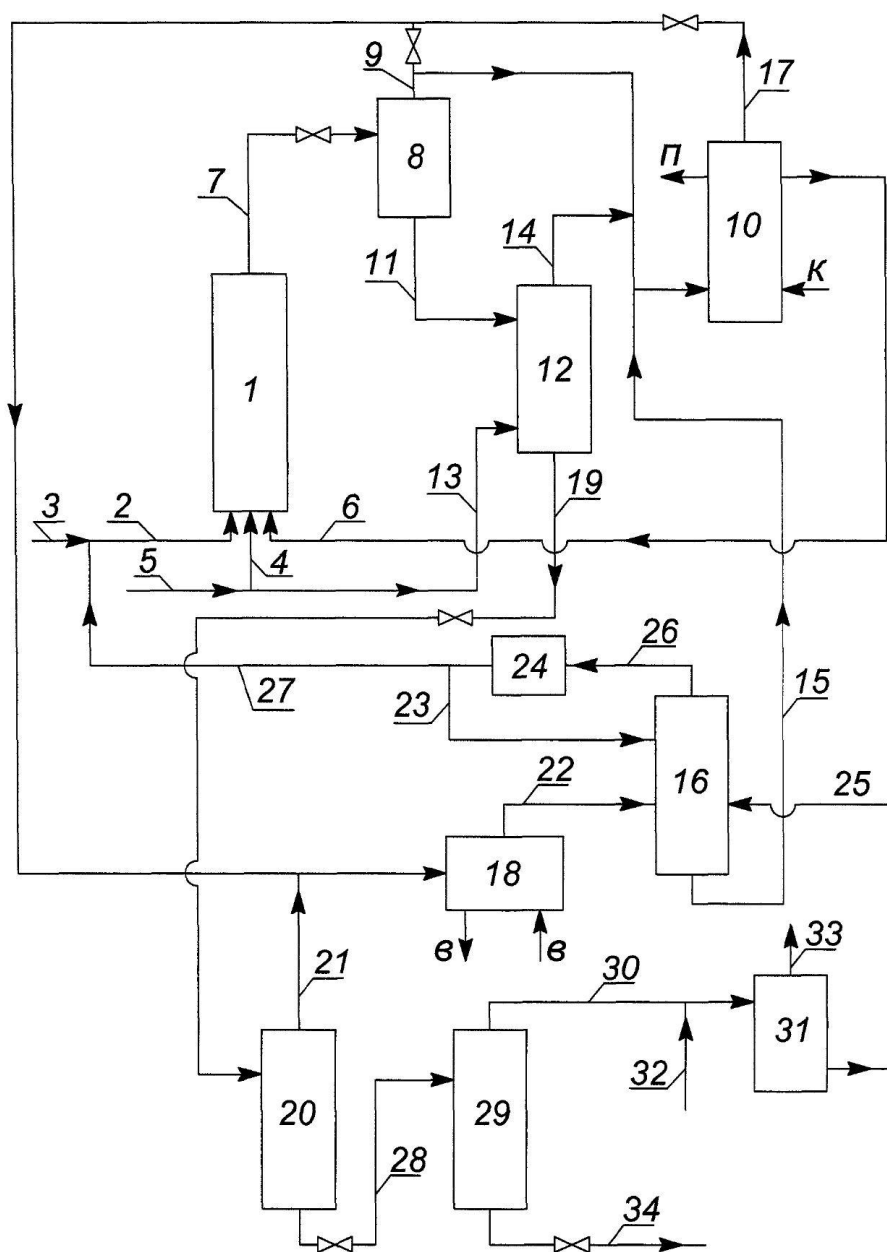


Fig. 1

Область техніки

Винахід стосується способів і установок для виробництва карбаміду з аміаку і двооксиду вуглецю.

Попередній рівень техніки

Відомі способи виробництва карбаміду, що включають взаємодію двооксиду вуглецю і аміаку, узятую з надлишком, при підвищених температурах і тисках з утворенням розчину синтезу карбаміду, що містить карбамід, воду, карбамат амонію, аміак і двооксид вуглецю, розкладанням карбамату амонію в розчині синтезу карбаміду при підводі тепла на декількох ступенях тиску з утворенням водного розчину карбаміду і газових потоків, конденсацією-абсорбцією газових потоків з використанням водних абсорбентів і утворенням водного розчину вуглеамонійних солей (ВАС), який рециркулюється на стадію утворення розчину синтезу карбаміду, випарюванням водного розчину карбаміду і виробництвом твердого карбаміду (В.И. Кучерявий, В.В. Лебедев. Синтез и применение карбамида. Л.: Химия, 1970, с. 187-208). В цих засобах використання надлишку аміаку (стехіометричне мольне відношення $\text{NH}_3:\text{CO}_2$ складає 2:1, зазвичай використовують відношення у межах від 3:1 до 6:1) дозволяє підвищити ступінь перетворення початкових реагентів в карбамід в зоні синтезу і тим скоротити масштаб рециркуляції аміаку і двооксиду вуглецю, що виділяються при розкладанні карбамату амонію, не перетвореного на карбамід, за рахунок, однак, рециркуляції деякої кількості надлишкового аміаку.

Відомий спосіб виробництва карбаміду, що включає взаємодію аміаку і двооксиду вуглецю при мольному відношенні (3,6-6,0): 1 в зоні синтезу, температурі 180-220°C і тиску 13-28 МПа, з утворенням розчину, що містить карбамід, воду, карбамат амонію, аміак і двооксид вуглецю, виділення надлишкового аміаку з вказаного розчину сепарацією при тиску 6-12 МПа, дистиляцію розчину в потоці двооксиду вуглецю, використовуваного в кількості 70% від загальної його кількості, що вводиться в процес, при підводі тепла і при тому же тиску, подальшу дистиляцію розчину при підводі тепла і при тиску 0,25 МПа, конденсацією-абсорбцією газів сепарації і газів дистиляції при тиску 6-12 МПа в двох зонах з утворенням розчину ВАС, що рециркулюється, конденсацією-абсорбцією газів дистиляції при тиску 0,25 МПа з додаванням аміаку і води і утворенням розчину ВАС, що передається на стадію конденсації-абсорбції газів дистиляції при тиску 6-12 МПа (SU 839225, C07C 126/02, 1984). В цьому способі кількість аміаку і двооксиду вуглецю, яке доводиться виділяти при низькому тиску, дуже значне. Так, згідно з прикладом з описання цього способу, розчин перед поданням на стадію дистиляції при тиску 0,25 МПа містить ще 7% NH_3 і 9% CO_2 . Конденсація-абсорбція виділених газів при цьому тиску можлива тільки з використанням значних кількостей води, яка в кінцевому рахунку надходить до зони синтезу з розчином ВАС, що передається на стадію конденсації-абсорбції газів дистиляції при тиску 6-12 МПа. Це призводить до зниження ступеня перетворення двооксиду вуглецю в карбамід, який в цьому способі при відношенні $\text{NH}_3:\text{CO}_2$ близько 3,6 складає усього 62%.

Найбільш близьким до запропонованого способу по технічній сутності є відомий спосіб виробництва карбаміду взаємодією аміаку і двооксиду вуглецю при мольному відношенні 4:1 в зоні синтезу при підвищених температурах і тисках з утворенням розчину синтезу карбаміду, що містить карбамід, воду, карбамат амонію, аміак і двооксид вуглецю, дистиляцією розчину при підводі тепла на двох ступенях тиску, переважно при 1,5-2,5 і 0,2-0,5 МПа, з утворенням водного розчину карбаміду і газів дистиляції, конденсацією-абсорбцією газів дистиляції при охолодженні з використанням водних абсорбентів і утворенням водних розчинів ВАС, рециркуляцією водного розчину ВАС зі стадії конденсації-абсорбції газів дистиляції при тиску 0,2-0,5 МПа на стадію конденсації-абсорбції газів дистиляції при тиску 1,5-2,5 МПа і зі стадії конденсації-абсорбції газів дистиляції при тиску 1,5-2,5 МПа в зону синтезу, випарюванням водного розчину карбаміду в декілька ступенів і виділенням твердого карбаміду (US 3366682, 260-555, 1968). В цьому способі кількість NH_3 і CO_2 , яку доводиться виділяти при низькому тиску, також досить значна. Тому значна і кількість води, яка надходить до зони синтезу з розчином ВАС, що передається на стадію конденсації-абсорбції газів дистиляції першого ступеня, знижуючи ступінь перетворення початкових реагентів в карбамід.

Відомі установки для виробництва карбаміду, що включають реактор синтезу карбаміду, пристрої для дистиляції розчину синтезу карбаміду, одержаного в реакторі синтезу, на декількох ступенях тиску, апарати для випарювання водного розчину карбаміду, одержаного на останньому ступені дистиляції, і виділення твердого карбаміду з розчину, пристрої для конденсації-абсорбції при охолодженні газів дистиляції всіх ступенів, засоби для подачі аміаку і двооксиду вуглецю в реактор синтезу карбаміду, розчину синтезу карбаміду в пристрій для дистиляції першого ступеня і далі в пристрої для дистиляції наступних ступенів, водного розчину карбаміду з пристроєм для дистиляції останнього ступеня в апарати для випарювання,

газів дистиляції з пристроєм для дистиляції кожного ступеня у відповідний пристрій для конденсації-абсорбції газів дистиляції цього ступеня, розчину ВАС з пристроєм для конденсації-абсорбції газів дистиляції кожного ступеня у пристрій для конденсації-абсорбції газів дистиляції попереднього ступеня і далі в реактор синтезу (В.И. Кучерявий, В.В. Лебедев. Синтез и применение карбамида, Л.: Химия, 1970, с. 187-208).

Найбільш близькою до запропонованої установки по технічній сутності є відома установка для виробництва карбаміду, що включає реактор синтезу карбаміду, пристрій для дистиляції розчину синтезу карбаміду, одержаного в реакторі синтезу, на першому ступені при тиску 1,5-2,5 МПа, пристрій для дистиляції розчину синтезу карбаміду на другому ступені при тиску 0,2-0,5 МПа, апарати для випарювання водного розчину карбаміду, одержаного на другому ступені дистиляції, і виділення твердого карбаміду з розчину, пристрої для конденсації-абсорбції при охолодженні газів дистиляції обох ступенів, засоби для подачі аміаку і двооксиду вуглецю в реактор синтезу карбаміду, розчину синтезу карбаміду з реактора синтезу в пристрій для дистиляції першого ступеня і з пристроєм для дистиляції першого ступеня в пристрій для дистиляції другого ступеня, водного розчину карбаміду з пристроєм для дистиляції першого ступеня в пристрій для конденсації-абсорбції газів дистиляції першого ступеня, газів дистиляції з пристроєм для дистиляції другого ступеня в пристрій для конденсації-абсорбції газів дистиляції другого ступеня, розчину ВАС з пристроєм для конденсації-абсорбції газів дистиляції другого ступеня в пристрій для конденсації-абсорбції газів дистиляції першого ступеня, розчину ВАС з пристроєм для конденсації-абсорбції газів дистиляції першого ступеня в реактор синтезу карбаміду (US 3366682, 260-555, 1968).

Відомі способи і установка для його здійснення характеризуються тим, що досить значна кількість води, яка надходить до зони синтезу з розчином ВАС, що передається на стадію конденсації-абсорбції газів дистиляції першого ступеня, знижуючи ступінь перетворення початкових реагентів в карбамід. Для зменшення негативного впливу води у відомому способі використаний великий надлишок аміаку. У кінцевому рахунку, будь-яке збільшення масштабу рециркуляції реагентів веде до зростання енергетичних витрат.

Розкриття винаходу

Завданням цього винаходу є скорочення масштабу рециркуляції реагентів.

Для рішення поставленої задачі запропоновано спосіб виробництва карбаміду взаємодією двооксиду вуглецю і аміаку, що подається в надлишку, в зоні синтезу при підвищених температурах і тисках з утворенням розчину синтезу карбаміду, що містить карбамід, воду, карбамат амонію, аміак і двооксид вуглецю, дистиляцією зазначеного розчину при підводі тепла на декількох ступенях тиску, включаючи дистиляцію при 1,5-2,5 і 0,2-0,5 МПа, з утворенням водного розчину карбаміду і газів дистиляції, конденсацією-абсорбцією газів дистиляції при охолодженні з використанням водних абсорбентів і утворенням водних розчинів вуглеамонійних солей, рециркуляцією водного розчину вуглеамонійних солей зі стадії конденсації-абсорбції газів дистиляції при більш низькому тиску на стадію конденсації-абсорбції газів дистиляції при більш високому тиску і далі в зону синтезу, випарюванням водного розчину карбаміду і його подальшою переробкою відомими способами, який відрізняється тим, що потік розчину із зони синтезу перед подачею на стадію дистиляції при тиску 1,5-2,5 МПа піддають адіабатичній сепарації при тиску 8-12 МПа з подальшою дистиляцією при цьому ж тиску в струмі двооксиду вуглецю, використовуваного в кількості 40-60% від загальної його кількості, що вводиться в процес, конденсацією-абсорбцією виділених газів, а також частини газів адіабатичної сепарації, при тому ж тиску в контакт з водним розчином вуглеамонійних солей, одержаним при конденсації-абсорбції газів дистиляції при тиску 1,5-2,5 МПа, і при охолодженні конденсатом, що кипить під надмірним тиском з утворенням пару, конденсацією-абсорбцією при тиску 1,5-2,5 МПа решти газів адіабатичної сепарації при тиску 8-12 МПа разом з газами дистиляції при тиску 1,5-2,5 МПа, і розчин вуглеамонійних солей, одержаний при конденсації-абсорбції при тиску 8-12 МПа, рециркулюють в зону синтезу.

Для рішення поставленої задачі запропонована також установка для виробництва карбаміду, що включає реактор синтезу карбаміду, пристрій для дистиляції розчину синтезу карбаміду, одержаного в реакторі синтезу, на першому ступені при тиску 1,5-2,5 МПа, пристрій для дистиляції розчину синтезу карбаміду на другому ступені при тиску 0,2-0,5 МПа, апарати для випарювання водного розчину карбаміду, одержаного на другому ступені дистиляції, пристрої для конденсації-абсорбції при охолодженні газів дистиляції обох ступенів, засоби для подачі аміаку і двооксиду вуглецю в реактор синтезу карбаміду, розчину синтезу карбаміду в пристрій для дистиляції першого ступеня і з пристроєм для дистиляції першого ступеня в пристрій для дистиляції другого ступеня, водного розчину карбаміду з пристроєм для дистиляції

другого ступеня в апарати для випарювання, газів дистиляції з пристрою для дистиляції першого ступеня в пристрій для конденсації-абсорбції газів дистиляції першого ступеня, газів дистиляції з пристрою для дистиляції другого ступеня в пристрій для конденсації-абсорбції газів дистиляції другого ступеня, розчину вуглеамонійних солей з пристрою для конденсації-абсорбції газів дистиляції другого ступеня в пристрій для конденсації-абсорбції газів дистиляції першого ступеня і з пристрою для конденсації-абсорбції газів дистиляції першого ступеня в зону більш високого тиску, що відрізняється тим, що вона додатково містить сепаратор розчину синтезу карбаміду при тиску 8-12 МПа, пристрій для дистиляції розчину синтезу карбаміду при тиску 8-12 МПа в струмі двооксиду вуглецю, конденсатор газів при тиску 8-12 МПа, засоби для подачі газів з пристрою для дистиляції розчину синтезу карбаміду при тиску 8-12 МПа в конденсатор газів при тиску 8-12 МПа, засоби для подачі газів з сепаратора розчину синтезу карбаміду в конденсатор газів при тиску 8-12 МПа і пристрій для конденсації-абсорбції газів дистиляції першого ступеня, засоби для подання двооксиду вуглецю в пристрій для дистиляції розчину синтезу карбаміду при тиску 8-12 МПа, засоби для подачі конденсату в конденсатор газів при тиску 8-12 МПа і відведення пару з цього конденсатора, при цьому засоби для подачі розчину синтезу карбаміду в пристрій для дистиляції першого ступеня включають засоби для подання розчину синтезу карбаміду із реактора синтезу в сепаратор розчину синтезу карбаміду, із сепаратора розчину синтезу карбаміду в пристрій для дистиляції розчину синтезу карбаміду при тиску 8-12 МПа і з пристрою для дистиляції розчину синтезу карбаміду при тиску 8-12 МПа в пристрій для дистиляції першого ступеня, а засоби для подачі розчину вуглеамонійних солей з пристрою для конденсації-абсорбції газів дистиляції першого ступеня в зону більш високого тиску включають засоби для подачі розчину вуглеамонійних солей з пристрою для конденсації-абсорбції газів дистиляції першого ступеня в конденсатор газів при тиску 8-12 МПа і з конденсатора газів при тиску 8-12 МПа в реактор синтезу карбаміду.

Для рішення поставленої задачі запропоновано також спосіб модернізації установки для виробництва карбаміду, що включає реактор синтезу карбаміду, пристрій для дистиляції розчину синтезу карбаміду, одержаного в реакторі синтезу, на першому ступені при тиску 1,5-2,5 МПа, пристрій для дистиляції розчину синтезу карбаміду на другому ступені при тиску 0,2-0,5 МПа, апарати для випарювання водного розчину карбаміду, одержаного на другому ступені дистиляції, і виділення твердого карбаміду з розчину, пристрої для конденсації-абсорбції при охолодженні газів дистиляції обох ступенів, засоби для подачі аміаку і двооксиду вуглецю в реактор синтезу карбаміду, розчину синтезу карбаміду з реактора синтезу в пристрій для дистиляції першого ступеня і з пристрою для дистиляції першого ступеня в пристрій для дистиляції другого ступеня, водного розчину карбаміду з пристрою для дистиляції другого ступеня в апарат для випарювання, газів дистиляції з пристрою для дистиляції першого ступеня в пристрій для конденсації-абсорбції газів дистиляції першого ступеня, газів дистиляції з пристрою для дистиляції другого ступеня в пристрій для конденсації-абсорбції газів дистиляції другого ступеня, розчину вуглеамонійних солей з пристрою для конденсації-абсорбції газів дистиляції другого ступеня в пристрій для конденсації-абсорбції газів дистиляції першого ступеня і з пристрою для дистиляції першого ступеня в реактор синтезу, який відрізняється тим, що додатково вводять сепаратор розчину синтезу карбаміду при тиску 8-12 МПа, пристрій для дистиляції розчину синтезу карбаміду при тиску 8-12 МПа у струмі двооксиду вуглецю, засоби для подання двооксиду вуглецю в пристрій для дистиляції розчину синтезу карбаміду при тиску 8-12 МПа, конденсатор газів при тиску 8-12 МПа, засоби для подачі розчину синтезу карбаміду з сепаратора розчину синтезу карбаміду в пристрій для дистиляції розчину синтезу карбаміду при тиску 8-12 МПа, засоби для подачі газів з пристрою для дистиляції розчину синтезу карбаміду при тиску 8-12 МПа і частини газів із сепаратора розчину синтезу карбаміду при тиску 8-12 МПа в конденсатор газів при тиску 8-12 МПа, засоби для подачі розчину вуглеамонійних солей з конденсатора газів при тиску 8-12 МПа в реактор синтезу карбаміду, засоби для подачі конденсату в конденсатор газів при тиску 8-12 МПа і відведення пару з цього конденсатора, замінюють засоби для подачі розчину синтезу карбаміду з реактора синтезу в пристрій для дистиляції першого ступеня засобами для подачі розчину синтезу карбаміду із реактора синтезу в сепаратор розчину синтезу карбаміду і з пристрою для дистиляції розчину синтезу карбаміду при тиску 8-12 МПа в пристрій для дистиляції розчину синтезу карбаміду на першому ступені, засоби для подачі розчину вуглеамонійних солей з пристрою для конденсації-абсорбції газів дистиляції першого ступеня в реактор синтезу засобами для подачі розчину вуглеамонійних солей з пристрою для конденсації-абсорбції газів дистиляції першого ступеня в конденсатор газів при тиску 8-12 МПа.

Технічний результат, що досягається при використанні запропонованих способу і установки, полягає у підвищенні ступені перетворення початкових реагентів в зоні синтезу. Так, при роботі

відомої установки за відомим способом згідно US 3366682 уміст NH_3 і CO_2 у розчині карбаміду перед дистиляцією низького тиску становить відповідно 6,1 і 2,4%, при конденсації відділених при цьому тиску газів доводиться вводити значну кількість води, і тому ступінь перетворення CO_2 в карбамід на рівні 69% досягається лише при відношенні $\text{NH}_3:\text{CO}_2=4:1$. При роботі запропонованої установки за запропонованим способом підвищена ефективність дистиляції високого тиску призводить до того, що розчин карбаміду перед дистиляцією низького тиску містить значно менші кількості NH_3 і CO_2 - відповідно 2,6-3,3 і 0,8-0,9%. Це призводить до зниження кількості води, що подається у вузол синтезу з вузла конденсації низького тиску. У результаті висока ступінь перетворення (а значить, і висока ефективність процесу) досягається при значно більш низьких значеннях відношення $\text{NH}_3:\text{CO}_2$ - на рівні (3,5-3,6): 1, що призводить до скорочення розмірів обладнання і витрати енергії на перекачування потоків в межах установки.

Відповідно, такий же результат досягається при використанні запропонованого способу модернізації відомої установки для виробництва карбаміду, яка завдяки введенню нових і заміні деяких існуючих елементів перетворюється на запропоновану установку.

Зазначений результат, як випливає з наведеного вище опису відомого способу згідно SU 839225, що містить відмінні ознаки запропонованого способу, - адіабатичну сепарацію розчину із зони синтезу при тиску 8-12 МПа з подальшою дистиляцією при цьому же тиску в струмі двооксиду вуглецю - не досягається в цьому відомому способі.

Короткий опис фігур креслень

Суть винаходу ілюструється фіг. 1-3, що додаються. На фіг. 1 зображена технологічна схема запропонованої установки, на фіг. 2 і 3 для порівняння наведено технологічні схеми відомих установок по US 3366682 і SU 839225, відповідно.

Варіанти здійснення винаходу

Згідно з фіг.1 установка включає колонну синтезу 1, трубопроводи для подання рідкого аміаку 2 і 3, трубопроводи для подання двооксиду вуглецю 4 і 5, трубопровід 6 для подання розчину ВАС в колонну синтезу 1, трубопровід 7 для виведення розчину синтезу карбаміду з колони синтезу 1, сепаратор 8, трубопровід 9 для виведення газу з сепаратора 8, карбаматний конденсатор 10, трубопровід 11 для виведення розчину синтезу карбаміду з сепаратора 8, стрипер 12, трубопровід 13 для подання двооксиду вуглецю в стрипер 12, трубопровід 14 для виведення газів із стрипера 12 в карбаматний конденсатор 10, трубопровід 15 для подачі розчину ВАС в карбаматний конденсатор 10, промивну колонну 16, трубопровід 17 для виведення не сконденсованих газів із карбаматного конденсатора 10, конденсатор середнього тиску 18, трубопровід 19 для виведення розчину синтезу карбаміду із стрипера 12, вузол дистиляції середнього тиску 20, трубопровід 21 для виведення газів дистиляції із вузла 20 в конденсатор 18, трубопровід 22 для подачі газорідного потоку із конденсатора 18 в промивну колонну 16, трубопровід 23 для подачі рідкого аміаку в промивну колонну 16, конденсатор аміаку 24, трубопровід 25 для подачі розчину ВАС в промивну колонну 16, трубопровід 26 для виведення аміаку з промивної колони 16 в конденсатор 24, трубопровід 27 для рециркуляції рідкого аміаку в колонну синтезу, трубопровід 28 для виведення розчину синтезу карбаміду з вузла дистиляції середнього тиску 20, вузол дистиляції низького тиску 29, трубопровід 30 для виведення газів дистиляції з вузла 29, конденсатор низького тиску 31, трубопровід 32 для подачі розчину ВАС з вузла обробки стічних вод в конденсатор 31, трубопровід 33 для виведення не сконденсованих газів з конденсатора 31, трубопровід 34 для виведення розчину карбаміду з вузла дистиляції низького тиску 29 на подальшу переробку.

Сутність способу і робота установки ілюструються також наведеними нижче прикладами. Приклади 1-3 описують здійснення запропонованого способу на запропонованій установці. Приклади 4 і 5 є порівняльними і ілюструють здійснення відомих способів на відомих установках. Значення тисків у всіх прикладах, за винятком особливо обумовлених випадків, є значеннями надлишкового тиску.

ПРИКЛАД 1. В колонну синтезу 1, яка функціонує під тиском 20 МПа і при температурі 195°C, подають потоки аміаку 2 у кількості 51997 кг/год. (у тому числі свіжий аміак 35438 кг/год. - потік 3), двооксиду вуглецю 4 в кількості 22917 кг/год. (усього в агрегат подають 45833 кг/год. двооксиду вуглецю - потік 5) і розчину ВАС 6 (96926 кг/год. - 42,2% NH_3 , 44,7% CO_2 , 13,1% H_2O). У колоні синтезу 1 відбувається утворення карбаміду з поданих реагентів. Молярне відношення $\text{NH}_3:\text{CO}_2:\text{H}_2\text{O} = 3,63:1:0,47$, ступінь конверсії CO_2 69,2%. З колони синтезу виходить розчин 7 (171840 кг/год. - 33,5% NH_3 , 11,9% CO_2 , 18,3% H_2O , 36,4% карбаміду), який після дроселювання до тиску 9 МПа подається в сепаратор 8. В сепараторі відбувається розділення газової і рідкої фаз. Газова фаза 9 (22110 кг/год. - 81,8% NH_3 , 14,9% CO_2 , 3,3% H_2O) направляється в карбаматний конденсатор 10 і зону конденсації середнього тиску. Рідка фаза 11 (149730 кг/год. -

26,3% NH_3 , 11,4% CO_2 , 20,5% H_2O , 41,7% карбаміду) направляється в стрипер 12. У стрипері під тим же тиском, що і в сепараторі - 9 МПа, відбувається дистиляція розчину в струмі двооксиду вуглецю, що подається (потік 13, 22917 кг/год., 50% від загальної кількості, що вводиться в процес). Температура в нижній частині стрипера підтримується на рівні 170-180°C. Відігнані в стрипері гази дистиляції 14 (65000 кг/год. - 42,4% NH_3 , 52,4% CO_2 , 5,2% H_2O) направляються в карбаматний конденсатор 10, куди також потрапляють гази з сепаратору 8 і розчин ВАС 15 (30415 кг/год. - 42,4% NH_3 , 30,1% CO_2 , 27,6% H_2O) із промивної колони 16. У карбаматному конденсаторі відбувається конденсація газів дистиляції з утворенням потоку 6 розчину карбамату амонію, що подається в колону синтезу 1. Не сконденсована в конденсаторі 10 газова фаза 17 (7769 кг/год. - 75,2% NH_3 , 22,5% CO_2 , 2,3% H_2O), а також частина газової фази з сепаратора 9 дроселюється до тиску 1,8 МПа і надходить до конденсатору середнього тиску 18. Розчин 19 (107646 кг/год. - 11,0% NH_3 , 5,6% CO_2 , 25,4% H_2O , 58,1% карбаміду) із стрипера 12 дроселюється до тиску 1,8 МПа і надходить до вузлу дистиляції середнього тиску 20, де відбувається відгін з розчину аміаку, двооксиду вуглецю і води. Гази дистиляції 21 (20608 кг/год. - 45,2% NH_3 , 25,5% CO_2 , 29,3% H_2O) з вузла 20 направляються в конденсатор 18, де відбувається їх конденсація при тиску 1,8 МПа спільно з газовою фазою із карбаматного конденсатора 10. Одержаний газорідинний потік 22 (44518 кг/год. - 63,7% NH_3 , 21,5% CO_2 , 15,2% H_2O) подається в промивну колону 16 для розділення фаз і відмивання газової фази від двооксиду вуглецю. У промивну колону також подають рідкий аміак 23 із конденсатора 24 і розчин ВАС 25 (5767 кг/год. - 43,2% NH_3 , 12,7% CO_2 , 44,2% H_2O) з вузла конденсації під тиском 0,3 МПа. Газова фаза 26 із промивної колони (25654 кг/год. - 100% NH_3) спрямовується в конденсатор 24. Сконденсований аміак частково повертається у вигляді флегми в промивну колону 16 (потік 23), а інша його частина (потік 27 - 16559 кг/год.) надходить на рециркуляцію до вузлу синтезу. Одержаний в промивній колоні розчин ВАС 15 подають у карбаматний конденсатор 10. Розчин 28 (87038 кг/год. - 2,9% NH_3 , 0,8% CO_2 , 24,5% H_2O , 71,8% карбаміду) із вузла дистиляції під тиском 1,8 МПа дроселюється і надходить до вузлу дистиляції 29, де при тиску 0,3 МПа проводиться відгін з розчину аміаку, двооксиду вуглецю і води. Гази дистиляції 30 (5048 кг/год. - 45,2% NH_3 , 11,9% CO_2 , 42,9% H_2O) направляються в конденсатор 31. Сюди ж з вузла обробки стічних вод (на фіг. 1 не показаний) подають розчин ВАС 32 (1360 кг/год. - 35,8% NH_3 , 15,4% CO_2 , 48,9% H_2O) для поліпшення умов конденсації. Одержаний в конденсаторі 31 розчин ВАС (потік 25) подають в промивну колону 16, а не сконденсовану газову фазу 33 (641 кг/год. - 43,2% NH_3 , 12,7% CO_2 , 44,2% H_2O) направляють на подальшу переробку. Розчин 34 (81990 кг/год. - 0,3% NH_3 , 0,2% CO_2 , 23,3% H_2O , 76,2% карбаміду) після вузла дистиляції під тиском 0,3 МПа дроселюється і спрямовується на переробку відомими способами в готовий продукт - карбамід. Склади і кількості потоків для цього і двох наступних прикладів наведені у таблиці, що додається.

ПРИКЛАД 2. Процес проводять аналогічно прикладу 1 з тією відмінністю, що в сепараторі 8, карбаматному конденсаторі 10 і стрипері 12 підтримують тиск 8 МПа.

ПРИКЛАД 3. Процес проводять аналогічно прикладу 1 з тією відмінністю, що в сепараторі 8, карбаматном конденсаторі 10 і стрипері 12 підтримують тиск 12 МПа.

ПРИКЛАД 4 (порівняльний, по прототипу). Згідно з фіг. 2 в колону синтезу 1, що працює при тиску 20 МПа і температурі 190°C, подають аміак (потік 2) в кількості 80896 кг/год. (в тому числі свіжий аміак - потік 3 - 35417 кг/год.), двооксид вуглецю (потік 4) у кількості 46774 кг/год., а також розчин ВАС 15 (59043 кг/год. - 36,9% NH_3 , 33,3% CO_2 , 29,9% H_2O) із промивної колони 16 вузлу розділення при середньому тиску. У колоні 1 молярне відношення $\text{NH}_3:\text{CO}_2:\text{H}_2\text{O}=4,0:1:0,65$, ступінь конверсії CO_2 69,0%. Одержаний розчин карбаміду 7 (186713 кг/год. - 36,0% NH_3 , 11,0% CO_2 , 19,5% H_2O , 33,5% карбаміду) виводять з колони 1, дроселюють до тиску 1,7 МПа і при температурі 125°C подають у сепаратор 20А вузла дистиляції середнього тиску. В сепараторі відбувається розділ потоку на виділені гази 21А (35166 кг/год. - 86,0% NH_3 , 8,8% CO_2 , 5,2% H_2O), які направляються в промивну колону 16, і розчин карбаміду 28А (151547 кг/год. - 24,4% NH_3 , 11,6% CO_2 , 22,8% H_2O , 41,2% карбаміду), який спрямовується в підігрівач 20В. Тут він підігрівається до температури 160°C і надходить до сепаратору 20С, де відділяються гази дистиляції 21В (45331 кг/год. - 55,5% NH_3 , 30,0% CO_2 , 14,6% H_2O), які через рекуператор 35 направляються в промивну колону 16. Розчин карбаміду 28В (106215 кг/год. - 11,1% NH_3 , 3,7% CO_2 , 26,3% H_2O , 58,8% карбаміду) із сепаратора 20С дроселюється до тиску 0,4 МПа і надходить до колони дистиляції 29А для подальшого виділення компонентів, що не прореагували, і води. З колони дистиляції гази 30А (22045 кг/год. - 47,0% NH_3 , 13,5% CO_2 , 39,5% H_2O) надходять на конденсацію до вузлу конденсації 31, а розчин карбаміду 34А (97332 кг/год. - 6,1% NH_3 , 2,4% CO_2 , 27,3% H_2O , 64,2% карбаміду) - в підігрівач 29В, де він підігрівається і поступає в сепаратор 29С. Гази дистиляції 30В (11162 кг/год. - 39,8% NH_3 , 12,7% CO_2 , 47,6%

H₂O) із сепаратора 29С передаються в колону дистиляції 29А для поліпшення умов масообміну. Розчин карбаміду 34В (86170 кг/год. - 1,7% NH₃, 1,1% CO₂, 24,7% H₂O, 72,5% карбаміду) дроселюється до тиску 0,04 МПа (абс.) і при температурі 105°C подається до рекуператору 35, де за рахунок тепла газів дистиляції 20 відбувається нагрівання його до 125°C. Одержаний розчин 34В передається на стадію концентрування і переробки в готовий продукт - карбамід. Гази дистиляції 21В після рекуператора 35 подають в промивну колону 16. Сюди ж подають розчин ВАС 25 (22045 кг/год. - 47,0% NH₃, 13,5% CO₂, 39,5% H₂O) з вузла конденсації 31, а також частину рідкого аміаку (потік 23; 40000 кг/год. - 100% NH₃) із конденсатора 24. В промивній колоні відбувається відмивання газів дистиляції від двооксиду вуглецю за допомогою рідкого аміаку, що подається, і розчину ВАС. Розчин ВАС 15 із промивної колони направляють в реактор синтезу 1, газоподібний аміак 26 (84000 кг/год. - 100% NH₃) із промивної колони - на конденсацію в конденсатор 24. Частину сконденсованого аміаку подають на зрошення промивної колони, а решту (потік 27) - в колону синтезу.

ПРИКЛАД 5 (порівняльний, за SU 839225). Згідно з фіг. 3 у колону синтезу 1, в якій підтримують температуру 200°C і тиск 25 МПа, подають аміак (потік 2) в кількості 30599 кг/год. (всього в агрегат подають 35599 кг/год. аміаку - потік 3) двооксид вуглецю (потік 4) у кількості 32199 кг/год. (всього в агрегат подають 45999 кг/год. двооксиду вуглецю - потік 5) і розчин ВАС 6В (130116 кг/год. - 52% NH₃, 32% CO₂, 16% H₂O) з конденсатора 10В. Молярне відношення в колоні NH₃:CO₂:H₂O = 3,46:1:0,69, ступінь конверсії CO₂ 62,0%. Розчин карбаміду 7 (193827 кг/год. - 32,7% NH₃, 14,5% CO₂, 20,5% H₂O, 32,3% карбаміду), що виходить з колони синтезу 1, дроселюють до 9 МПа і подають у сепаратор 8, де відокремлюється частина надлишкового аміаку (потік 9). Розчин 11 (157285 кг/год., 22,5% NH₃, 12,4% CO₂, 25,2% H₂O, 39,9% карбаміду) із сепаратора 8 надходить до стриперу 12, де при тому ж тиску і при 165-175°C його піддають дистиляції в струмі CO₂ (потік 13, 13800 кг/год.). Розчин 19 (114514 кг/год. - 7% NH₃, 9% CO₂, 29% H₂O, 55% карбаміду) із стрипера 12 дроселюють до 0,25 МПа і подають в колону дистиляції низького тиску 29. З колони дистиляції 29 розчин карбаміду 34 (93162 кг/год. - 0,75% NH₃, 0,95% CO₂, 31% H₂O, 67,3% карбаміду) дроселюють і направляють на переробку відомими методами в готовий карбамід. Газову фазу 9 (36542 кг/год. - 76,5% NH₃, 23,5% CO₂) із сепаратора 8 і газову фазу 14 із стрипера 12 направляють на стадію конденсації при тиску 9 МПа в конденсатор 10А, куди подають розчин ВАС 25 (34821 кг/год. - 33 NH₃, 30% CO₂, 37% H₂O) з конденсатора 31 стадії дистиляції при тиску 0,25 МПа. З конденсатора 10А розчин ВАС 6А (96218 кг/год. - 36,3% NH₃, 43,6% CO₂, 20,1% H₂O) і газову фазу 36 (33397 кг/год. - 100% NH₃) направляють у другий конденсатор 10В при тому ж тиску. В конденсатор 10В подають воду 37 (500 кг/год.). Інертні газу 38 передають на подальшу переробку. Газову фазу 30 з колони дистиляції 29 направляють у конденсатор 31. Для повноти конденсації газів в конденсатор 31 подають також рідкий аміак 39 (5000 кг/год.) і воду 40 (7500 кг/год.). Газову фазу 33 з конденсатора 31 передають на подальшу переробку.

Промислова застосовність

Винахід може бути застосований у хімічній промисловості і виробництві добрив для виробництва карбаміду.

Таблиця

Кількості і состави потоків по прикладам

№ потоку	Кількість, кг/год.	Состав, % мас.			
		NH ₃	CO ₂	карбамід	вода
Приклад 1					
2	51997	100			
3	35438	100			
4	22917		100		
5	45833		100		
6	96926	42,2	44,7		13,1
7	171840	33,5	11,9	36,4	18,3
9	22110	81,8	14,9		3,3
11	149730	26,3	11,4	41,7	20,5
13	22917		100		
14	65000	42,4	52,4		5,2
15	30415	42,4	30,1		27,6

Кількості і состави потоків по прикладам

№ потоку	Кількість, кг/год.	Состав, % мас.			
		NH ₃	CO ₂	карбамід	вода
17	7769	75,2	22,5		2,3
19	107646	11,0	5,6	58,1	25,4
21	20608	45,2	25,5		29,3
22	44518	63,7	21,5		15,2
23	9095	100			
25	5767	43,2	12,7		44,2
26	25654	100			
27	16559	100			
28	87038	2,9	0,8	71,8	24,5
30	5048	45,2	11,9		42,9
32	1360	35,8	15,4		48,9
33	641	43,2	12,7		44,2
34	81990	0,3	0,2	76,2	23,3
Приклад 2					
2	53247	100			
3	35436	100			
4	22917		100		
5	45833		100		
6	96413	41,4	45,1		13,5
7	172577	33,5	11,9	36,2	18,4
9	23901	81,6	15,4		3,1
11	148675	25,7	11,4	42,0	20,9
13	22917		100		
14	65331	42,1	52,2		5,7
15	33523	39,9	32,3		27,9
17	9372	70,8	26,3		2,9
19	106261	10,1	5,4	58,8	25,7
21	19513	43,2	25,9		30,9
22	45856	63,1	22,1		14,9
23	9219	100			
25	5478	41,1	12,8		46,1
26	27030	100			
27	17811	100			
28	86747	2,6	0,8	72,1	24,5
30	4806	42,9	12,1		45,0
32	1281	34,4	15,7		50,0
33	609	41,1	12,8		46,1
34	81941	0,3	0,2	76,3	23,3
Приклад 3					
2	48721	100			
3	35441	100			
4	22917		100		
5	45833		100		
6	99896	44,1	43,3		12,6
7	171534	33,5	11,9	36,4	18,3
9	18086	81,3	14,8		4,0
11	153448	27,8	11,5	40,7	20,0
13	22917		100		
14	66463	43,7	51,5		4,8
15	31002	45,6	27,4		27,0
17	5400	78,7	19,4		1,9

Кількості і состави потоків по прикладам

№ потоку	Кількість, кг/год.	Состав, % мас.			
		NH ₃	CO ₂	карбамід	вода
19	109902	12,4	5,8	56,9	24,9
21	22392	48,1	24,9		27,0
22	41357	63,0	20,9		16,2
23	8680	100			
25	6235	46,1	12,4		41,4
26	21960	100			
27	13280	100			
28	87509	3,3	0,9	71,4	24,4
30	5443	48,4	11,8		39,9
32	1485	37,9	14,9		47,2
33	693	46,1	12,4		41,4
34	82066	0,3	0,2	76,2	23,4

ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

- 5 1. Спосіб виробництва карбаміду взаємодією діоксиду вуглецю і аміаку, що подають в надлишку, в зоні синтезу при підвищених температурах і тисках з утворенням розчину синтезу карбаміду, що містить карбамід, воду, карбамат амонію, аміак і діоксид вуглецю, дистиляцією зазначеного розчину при підводі тепла на декількох ступенях тиску, у тому числі дистиляцію при 1,5-2,5 і 0,2-0,5 МПа, з утворенням водного розчину карбаміду і газів дистиляції, конденсацією-абсорбцією газів дистиляції при охолодженні з використанням водних абсорбентів і утворенням водних розчинів вуглеамонійних солей, рециркуляцією водного розчину вуглеамонійних солей зі стадії конденсації-абсорбції газів дистиляції при більш низькому тиску на стадію конденсації-абсорбції газів дистиляції при більш високому тиску і далі в зону синтезу, випарюванням водного розчину карбаміду і його подальшою переробкою відомими способами, який
- 10 **відрізняється** тим, що потік розчину із зони синтезу перед подачею на стадію дистиляції при тиску 1,5-2,5 МПа піддають адіабатичній сепарації при тиску 8-12 МПа з наступною дистиляцією при цьому ж тиску в струмі діоксиду вуглецю, використовуюваного в кількості 40-60 % від загальної його кількості, що вводять в процес, конденсацією-абсорбцією виділених газів, а також частини газів адіабатичної сепарації, при тому ж тиску в контакт з водним розчином вуглеамонійних солей, одержаним при конденсації-абсорбції газів дистиляції при тиску 1,5-2,5 МПа, і при охолодженні конденсатом, киплячим під надмірним тиском з утворенням пари, конденсацією-абсорбцією при тиску 1,5-2,5 МПа решти газів адіабатичної сепарації при тиску 8-12 МПа разом з газами дистиляції при тиску 1,5-2,5 МПа, і розчин вуглеамонійних солей, одержаний при конденсації-абсорбції при тиску 8-12 МПа, рециркулюють в зону синтезу.
- 25 2. Установка для виробництва карбаміду, що включає реактор синтезу карбаміду, пристрій для дистиляції розчину синтезу карбаміду, одержаного в реакторі синтезу, на першому ступені при тиску 1,5-2,5 МПа, пристрій для дистиляції розчину синтезу карбаміду на другому ступені при тиску 0,2-0,5 МПа, апарати для випарювання водного розчину карбаміду, одержаного на другому ступені дистиляції, пристрої для конденсації-абсорбції при охолодженні газів дистиляції обох ступенів, засоби для подачі аміаку і діоксиду вуглецю в реактор синтезу карбаміду, розчину синтезу карбаміду в пристрій для дистиляції першого ступеня і з пристрою для дистиляції першого ступеня в пристрій для дистиляції другого ступеня, водного розчину карбаміду з пристрою для дистиляції другого ступеня в апарати для випарювання, газів дистиляції з пристрою для дистиляції першого ступеня в пристрій для конденсації-абсорбції
- 35 газів дистиляції першого ступеня, газів дистиляції з пристрою для дистиляції другого ступеня в пристрій для конденсації-абсорбції газів дистиляції другого ступеня, розчину вуглеамонійних солей з пристрою для конденсації-абсорбції газів дистиляції другого ступеня в пристрій для конденсації-абсорбції газів дистиляції першого ступеня і з пристрою для конденсації-абсорбції газів дистиляції першого ступеня в зону більш високого тиску, яка **відрізняється** тим, що
- 40 додатково містить сепаратор розчину синтезу карбаміду при тиску 8-12 МПа, пристрій для дистиляції розчину синтезу карбаміду при тиску 8-12 МПа у струмі діоксиду вуглецю,

конденсатор газів при тиску 8-12 МПа, засоби для подачі газів з пристрою для дистиляції розчину синтезу карбаміду при тиску 8-12 МПа в конденсатор газів при тиску 8-12 МПа, засоби для подачі газів із сепаратора розчину синтезу карбаміду в конденсатор газів при тиску 8-12 МПа і пристрій для конденсації-абсорбції газів дистиляції першого ступеня, засоби для подання діоксиду вуглецю в пристрій для дистиляції розчину синтезу карбаміду при тиску 8-12 МПа, засоби для подачі конденсату в конденсатор газів при тиску 8-12 МПа і відведення пари з цього конденсатора, причому засоби для подачі розчину синтезу карбаміду в пристрій для дистиляції першого ступеня включають засоби для подачі розчину синтезу карбаміду з реактора синтезу в сепаратор розчину синтезу карбаміду, із сепаратора розчину синтезу карбаміду в пристрій для дистиляції розчину синтезу карбаміду при тиску 8-12 МПа і з пристрою для дистиляції розчину синтезу карбаміду при тиску 8-12 МПа в пристрій для дистиляції першого ступеня, а засоби для подачі розчину вуглеамонійних солей з пристрою для конденсації-абсорбції газів дистиляції першого ступеня в зону більш високого тиску включають засоби для подачі розчину вуглеамонійних солей з пристрою для конденсації-абсорбції газів дистиляції першого ступеня в конденсатор газів при тиску 8-12 МПа і з конденсатора газів при тиску 8-12 МПа в реактор синтезу карбаміду.

3. Спосіб модернізації установки для виробництва карбаміду, що включає реактор синтезу карбаміду, пристрій для дистиляції розчину синтезу карбаміду, одержаного в реакторі синтезу, на першому ступені при тиску 1,5-2,5 МПа, пристрій для дистиляції розчину синтезу карбаміду на другому ступені при тиску 0,2-0,5 МПа, апарати для випарювання водного розчину карбаміду, одержаного на другому ступені дистиляції, і виділення твердого карбаміду з розчину, пристрої для конденсації-абсорбції при охолодженні газів дистиляції обох ступенів, засоби для подачі аміаку і діоксиду вуглецю в реактор синтезу карбаміду, розчину синтезу карбаміду із реактора синтезу в пристрій для дистиляції першого ступеня і з пристрою для дистиляції першого ступеня в пристрій для дистиляції другого ступеня, водного розчину карбаміду з пристрою для дистиляції другого ступеня в апарат для випарювання, газів дистиляції з пристрою для дистиляції першого ступеня в пристрій для конденсації-абсорбції газів дистиляції першого ступеня, газів дистиляції з пристрою для дистиляції другого ступеня в пристрій для конденсації-абсорбції газів дистиляції другого ступеня, розчину вуглеамонійних солей з пристрою для конденсації-абсорбції газів дистиляції другого ступеня в пристрій для конденсації-абсорбції газів дистиляції першого ступеня і з пристрою для дистиляції першого ступеня в реактор синтезу, який **відрізняється** тим, що додатково вводять сепаратор розчину синтезу карбаміду при тиску 8-12 МПа, пристрій для дистиляції розчину синтезу карбаміду при тиску 8-12 МПа в струмі діоксиду вуглецю, засоби для подачі діоксиду вуглецю в пристрій для дистиляції розчину синтезу карбаміду при тиску 8-12 МПа, конденсатор газів при тиску 8-12 МПа, засоби для подачі розчину синтезу карбаміду з сепаратора розчину синтезу карбаміду в пристрій для дистиляції розчину синтезу карбаміду при тиску 8-12 МПа, засоби для подачі газів з пристрою для дистиляції розчину синтезу карбаміду при тиску 8-12 МПа і частини газів з сепаратора розчину синтезу карбаміду при тиску 8-12 МПа в конденсатор газів при тиску 8-12 МПа, засоби для подачі розчину вуглеамонійних солей з конденсатора газів при тиску 8-12 МПа в реактор синтезу карбаміду, засоби для подачі конденсату в конденсатор газів при тиску 8-12 МПа і відведення пари з цього конденсатора, замінюють засоби для подачі розчину синтезу карбаміду із реактора синтезу в пристрій для дистиляції першого ступеня засобами для подачі розчину синтезу карбаміду з реактора синтезу в сепаратор розчину синтезу карбаміду та з пристрою для дистиляції розчину синтезу карбаміду на першому ступені, засоби для подачі розчину вуглеамонійних солей з пристрою для конденсації-абсорбції газів дистиляції першого ступеня в реактор синтезу засобами для подачі розчину вуглеамонійних солей з пристрою для конденсації-абсорбції газів дистиляції першого ступеня в конденсатор газів при тиску 8-12 МПа.

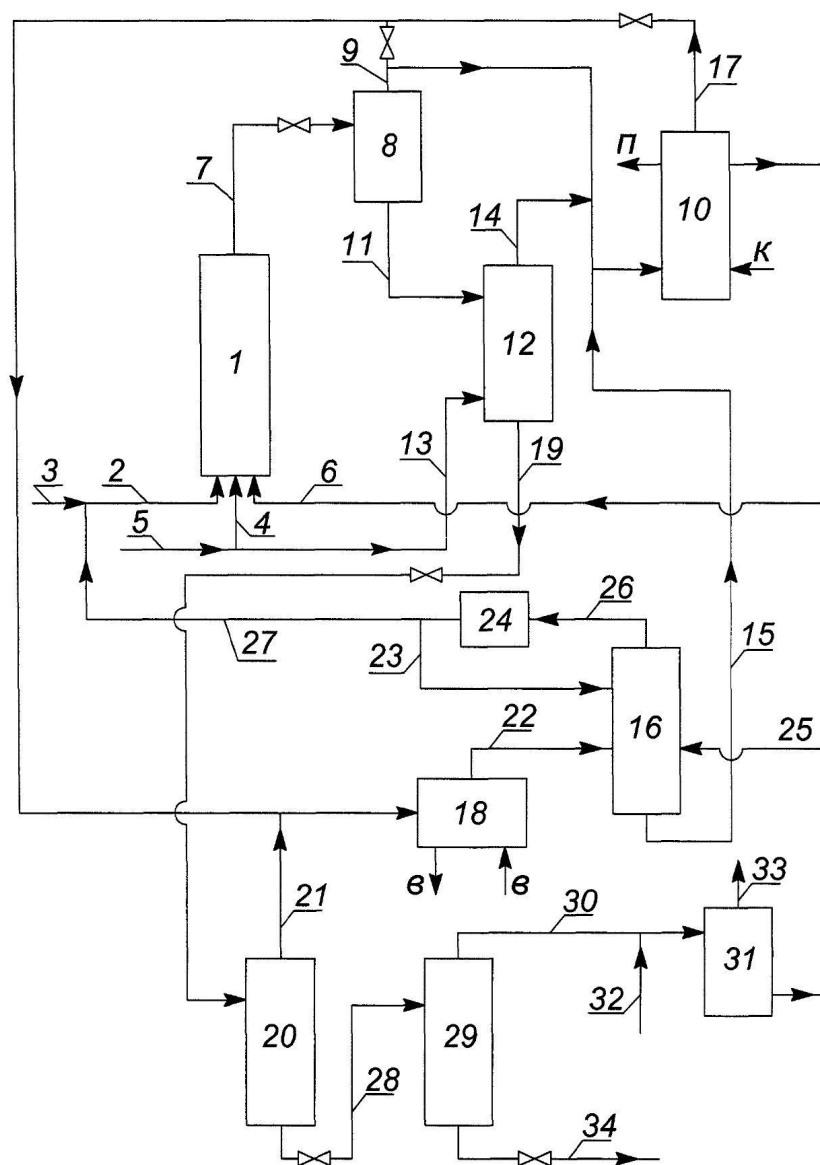


Fig. 1

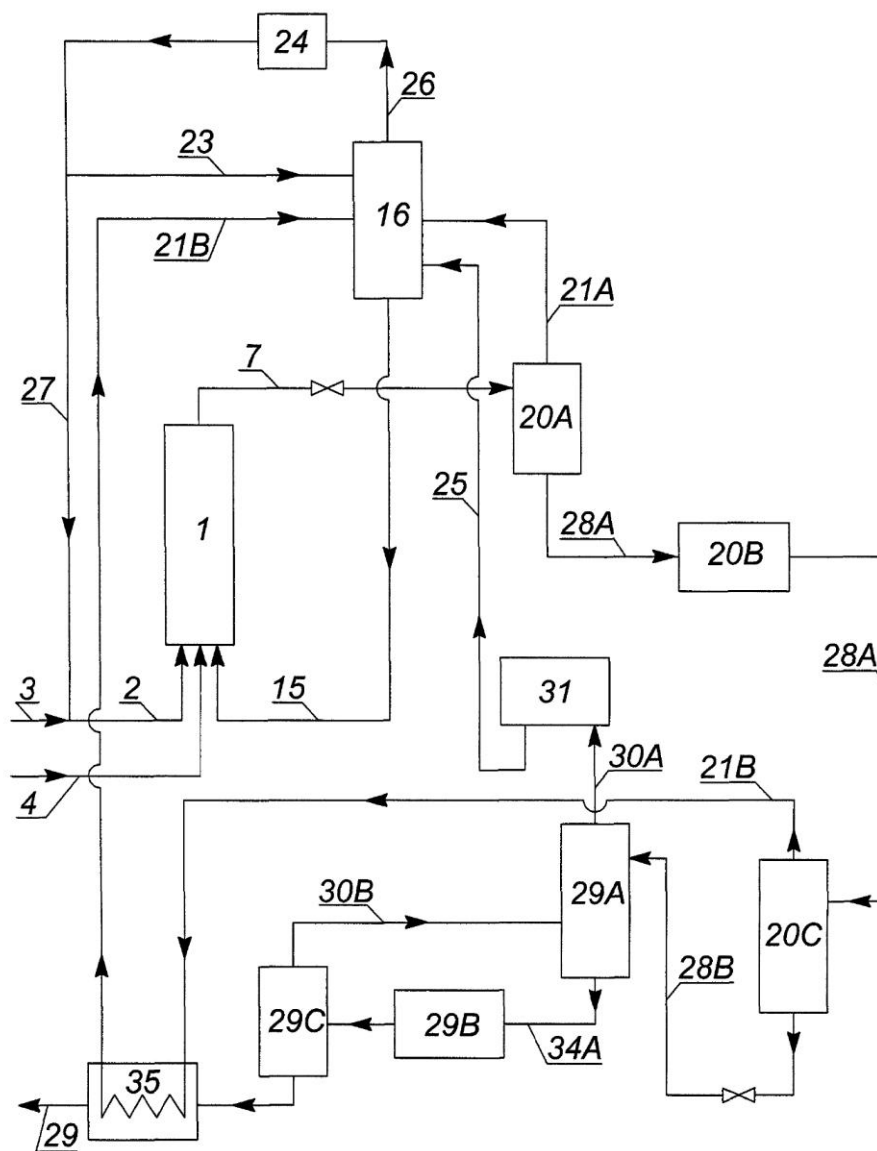


Fig. 2

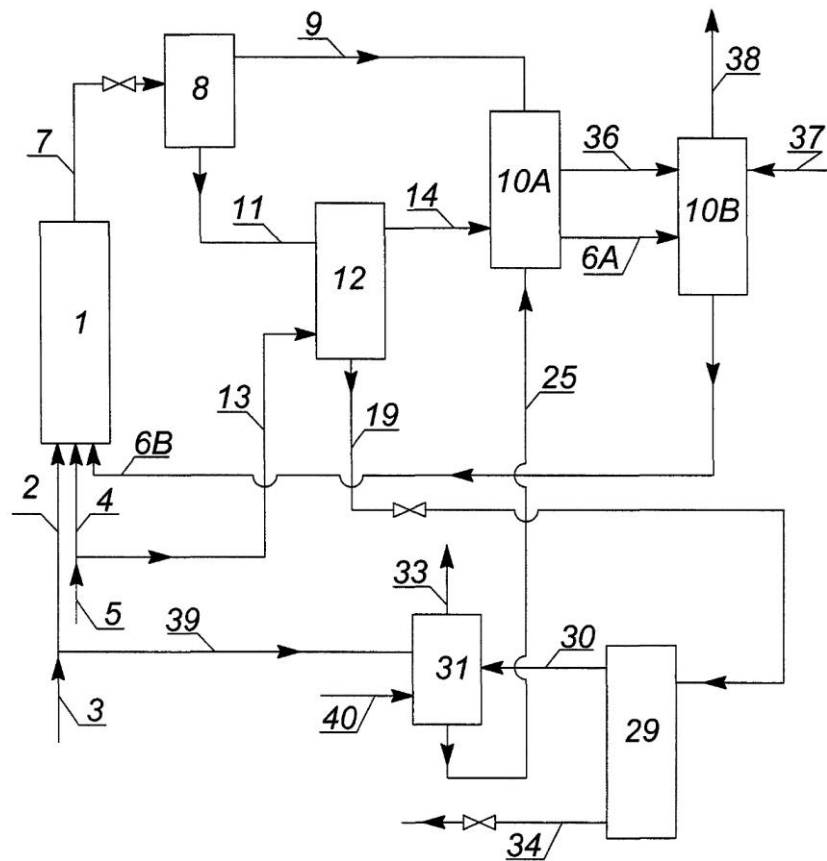


Fig. 3

Комп'ютерна верстка А. Крулевський

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Василя Липківського, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

ДП "Український інститут інтелектуальної власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601